

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONOMICAS
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS Y SOCIALES
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA

INCIDENCIA DEL PROGRESO TECNOLÓGICO
EN EL CRECIMIENTO DEL PRODUCTO
- Argentina 1930-50 -

Por:

José Vilariño

Serie de Estudio N° 5
Julio 1982

"Incidencia del Progreso Tecnológico en el crecimiento del Producto"

- Argentina 1930-50 -

J. Vilarín

1. Objetivo

El objetivo de este escrito es dar una respuesta cuantitativa a la hipótesis de que en el período 1930-50, el progreso técnico ha tenido un rol preponderante en el crecimiento del producto.

Esta hipótesis surge de hechos muy concretos que caracterizan a este lapso. Por un lado el producto global creció en un 76%. Por otra parte, los diversos autores que han analizado exhaustivamente estos años coinciden en que el proceso de acumulación de capital se desarrolló en promedio en condiciones deteriorantes y de estancamiento; ello principalmente como reflejo de las consecuencias de la gran crisis del 30 y de la Segunda Guerra Mundial.

En tal sentido nada mejor que las propias palabras de uno de los analistas del período para sintetizar lo que ocurrió en materia de acumulación de capital. Dice A. Ferrer: "La formación de capital desde 1930 hasta fines de la década de 1940 estuvo fuertemente influenciada por las consecuencias de la depresión y la Segunda Guerra Mundial. El deterioro de la posición externa del país en la década de 1930, debido al comportamiento de las exportaciones tradicionales, produjo una sensible contracción en la importación de maquinarias y equipos que en la época, constituían la principal fuente de abastecimiento de ese tipo de bienes. Por otra parte, durante la guerra, quedaron prácticamente interrumpidas las fuentes normales de provisión de bienes de capital.

De este modo hacia 1945, el país había soportado tres lustros de un muy bajo nivel de capitalización en maquinaria y equipos, que constituyen las inversiones típicamente reproductivas. Durante la década de 1950 se produjo un repunte en este tipo de inversiones, por la utilización de las reservas de divisas acumuladas durante la Segunda Guerra Mundial, la progresiva normalización de las fuentes de abastecimiento externas de bienes de capital y el progresivo desarrollo de la producción interna de maquinarias y equipos".

Lo antedicho como apreciación global. Pero también en un sentido particular pareciera que en los sectores productores de bienes y en los sectores de servicios básicos (electricidad, comunicaciones, transportes) la acumulación de capital se realizó a ritmo muy lento; y tomando algunos índices, como ser el capital por habitante, se estima que entre 1930-55 decreció en un 18%.

Cuantitativamente y a nivel global, tenemos para el proceso de acumulación de factores y paralelamente a lo dicho que: el incremento del stock de capital usado alcanzó a un 29% y en condiciones de muy baja productividad; y por otra parte, el aumento experimentado por el nivel de ocupación se estima que se aproximó sólo a un 16%.

Es entonces del panorama anterior de donde nos surgió la hipótesis de que el progreso técnico pudiera haber tenido un papel destacado dentro del crecimiento del producto, dado que el proceso de acumulación de factores se había desarrollado dentro de un marco con serias deficiencias. Esto nos llevó a intentar determinar un índice que mostrara con cierta aproximación cuál fue la incidencia del progreso técnico en el crecimiento global con relación al proceso de acumulación de factores.

2. Fundamentación teórica del proceso de cálculo empírico

La categoría de progreso técnico a la que nos referiremos, será la de desincorporado, es decir del tipo de conocimiento tecnológico que aparece en forma externa a los factores y que puede alterar sus productividades. Entran dentro de esta concepción cosas tales como la capacitación de la mano de obra, nuevos sistemas de organización, mejoras del contexto donde actúan los factores, resultados de políticas de fomento de invenciones, medidas tendientes a incentivar la productividad, resultados de políticas sanitarias que mejoran la calidad de la mano de obra, etc. Esta definición del progreso técnico es la opuesta a la de incorporado, y donde el elemento tecnológico viene incorporado dentro de la estructura del propio factor.

En el primer caso con la misma cantidad física de factores, el producto se puede aumentar, por ejemplo, mejorando la calidad de la mano de obra o tal vez introduciendo incentivos tendientes a incrementar los rendimientos.

Podemos plantear el problema que nos ocupa, y de una manera sencilla observando la figura 1. Consideremos que conocemos la función de

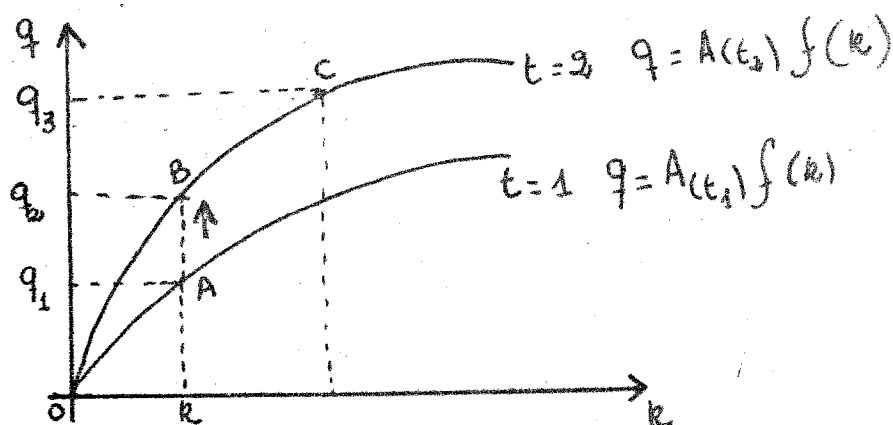


FIG. 1

producción $q = f(k, t)$ donde por claridad tomamos las magnitudes en términos "per cápita". Así: $q = Q/L$ es la relación producto-hombre-ocupado (p-h-o) y $k = K/L$ relación capital-hombre-ocupado (c-h-o). Se adiciona una variable 't' (tiempo) para permitir el efecto del progreso técnico al transcurrir el tiempo. Ello es equivalente a anteponer un factor de desplazamiento $A(t)$ a la función de producción de la forma $q = A(t)f(k)$. En el gráfico tenemos en dos momentos del tiempo $t=1$ y $t=2$, la misma función de producción ha sido desplazada por el efecto del progreso técnico entre los dos tiempos citados. Estos desplazamientos se efectúan a través de 't' en $q = f(k, t)$ o bien del factor multiplicativo que depende del tiempo.

Los puntos de partida inicial y final entre $t=1$ y $t=2$ son A y C. Partiendo de una relación $k = K/L$ en $t=1$, nos encontramos con el transcurrir del tiempo en el punto C correspondiente a $t=2$. Esta trayectoria de A hasta C se descompone a los efectos analíticos, en dos movimientos: uno de A hacia B por efecto del progreso técnico, y el otro de B hasta C por efecto de la acumulación cuantitativa de factores.

Es de ver que si entre $t=1$ y $t=2$ la cantidad de factores no aumenta, el producto aumentaría igualmente desde A hasta B por los efectos del progreso tecnológico, ya que éste ha desplazado a la función de producción en el tiempo a una posición superior. Pero si además se produce una acumulación de factores, la posición final es un punto tal como el C.

De lo dicho surge que nuestro objetivo central es hallar la importancia del segmento AB (resultante del efecto del progreso tecnológico) dentro del total del producto q_1 q_2 , habido al pasar de $t=1$ a $t=2$.

Las ideas generales sobre las relaciones entre la función de pro-

ducción y el progreso técnico tienen principalmente su fuente en los trabajos de Solow y Meade.

En general, existe la necesidad casi obligada de que la función sea lineal y homogénea. Ello surge de dos motivos: uno porque al sumar las elasticidades la unidad, se simplifican grandemente las deducciones y manejo de información, y el otro, porque hace posible que las variables puedan ser expresadas sin ambigüedad en términos per cápita. Allen trata esto último en una forma muy clara al referirse al tema de las funciones homogéneas.

Pasemos ahora a determinar el índice de la evolución del progreso técnico.

En primer lugar tenemos una función de producción con sus variables expresadas en términos de hombre ocupado, tanto el producto como el capital. Adicionalmente en la función de producción a la variable $c-h-o$ se agrega una variable ' t ' para dar lugar al efecto del progreso técnico. Tendremos:

$$(1) \quad q = f(k, t) \quad \text{que se puede formular alternativamente}$$

$$(2) \quad q = A_t f(k) \quad \text{si } A_t \text{ es exógeno a } k.$$

La forma (2), y estrictamente justificada, surge del hecho de que puede probarse que si $\Delta A_t / A_t$ y k son independientes, y luego integrar una ecuación diferencial en derivadas parciales. En nuestro caso, como se verá en la parte 4, los resultados confirmarán que no se vislumbra ningún tipo de relación entre ΔA_t y k .

Diferenciando (2) totalmente con respecto al tiempo se tiene

$$(3) \quad \frac{dq}{dt} = \frac{dA_t}{dt} f(k) + f_k \frac{dk}{dt} A_t$$

donde $f_k = df/dk$ y llamando $\dot{k} = dk/dt$, $\dot{q} = dq/dt$, $\dot{A} = dA_t/dt$ queda

$$(4) \quad \dot{q} = \dot{A}_t f(k) + f_k \cdot \dot{k} A_t$$

dividiendo por $q = f(k)$ ambos miembros de (4) queda

$$(5) \quad \dot{q}/q = \dot{A}_t/A_t + f_k \cdot \dot{k}/f(k)$$

dividiendo y multiplicando el segundo sumando del lado derecho de (5) por k da,

$$(6) \quad \dot{q}/q = \dot{A}_t/A_t + [k f_k/f(k)] \cdot \dot{k}/k$$

o sea

$$(7) \quad \dot{q}/q = \dot{A}_t/A_t + w_k \cdot \dot{k}/k$$

siendo $w_k = \frac{f_k \cdot k}{f(k)}$ la participación relativa de k en $f(k)$.

Es claro que (7) significa que la tasa de crecimiento del producto es igual a la suma de la tasa de crecimiento del efecto del progreso técnico y a la del c-h-o, ponderado ésta por su participación relativa dentro de $f(k)$.

Para variaciones continuas (7) puede expresarse en términos de tasas de crecimiento de la forma

$$(8) \quad \frac{1}{q} \frac{dq}{dt} = \frac{1}{A_t} \frac{dA_t}{dt} + w_k \frac{1}{k} \frac{dk}{dt}$$

Para períodos cortos se puede hacer una aproximación de la forma continua (7) u (8) reemplazando sus componentes por los valores discretos, y de lo cual resulta

$$(9) \quad \frac{\Delta q}{q} = \frac{\Delta A_t}{A_t} + w_k \frac{\Delta k}{k}$$

De (9) podemos despejar $\Delta A_t/A_t$ es decir la tasa de variación del factor tecnológico en el tiempo, de la forma

$$(10) \quad \frac{\Delta A_t}{A_t} = \Delta q/q - w_k \cdot \Delta k/k$$

La expresión (10) nos facilita el cálculo de la variación porcentual de A_t , ya que usualmente los datos del lado derecho de (10) suelen disponerse.

Es claro que una vez conocido $\Delta A_t/A_t$ el camino para el cálculo del índice evolutivo del progreso técnico es directo, ya que

$$(11) \quad \frac{\Delta A_t}{A_t} = \frac{A_{t+1} - A_t}{A_t}$$

$$; \text{ luego (12) } \frac{A_{t+1}}{A_t} - 1 = \frac{\Delta A_t}{A_t}$$

De donde

$$(13) \quad A_{t+1} = A_t (1 + \Delta A_t/A_t)$$

(13) implica que conociendo un valor de A_t se pueden calcular en cadena los valores de A_t para todos los períodos siguientes, dado que disponemos del dato de $\Delta A_t/A_t$, para cada año y que habíamos calculado previamente por (10).

Como se trata de establecer un índice temporal del factor tecnológico, podemos hacer el primer valor de la cadena del índice (A_1) igual a cien (100) o a uno indistintamente, y con lo cual quedan determinados todos los sucesivos valores del índice según (13).

Es el caso, si $A=1$, determinamos $A_2 = 1.(1 + \Delta A_1/A_1)$; y así sucesivamente.

3. Comentarios sobre la información disponible, proyecciones y supuestos subyacentes a las estimaciones

3.1 La serie de ocupación:

Como se desprende de la forma (10), para el cálculo de $\Delta A_t / A_t$ y del cual emergerá el índice A_t , se requieren como mínimo el uso de varias series a saber: producto, capital, participación relativa del capital y población ocupada. Luego a estas se le agregaron otras que surgieron como necesidad de los supuestos hechos en el esquema.

Para el período bajo análisis se disponía de todas las series menos la de ocupación. Esta sólo se disponía para el período 1950-69 en base a los datos del Banco Central. Además se disponía de un sólo dato extremo para 1929 derivado de estimaciones hechas por A. Ferrer. Por otra parte esta serie juega un rol central como se puede vislumbrar en el esquema teórico, por lo tanto prescindir de ella no era posible. Se pensó sustituirla por la de población económicamente activa, pero ésta no cumplía los requisitos de oscilar en el tiempo con el nivel de actividad económica, ya que es siempre creciente, y cosa que hace según indica la experiencia, el nivel de ocupación.

Decidimos entonces que era necesario estimarla probando caminos diversos y, decidir después cual sería la mejor estimación a la luz de los mejores resultados emergentes de las pruebas realizadas.

Se comenzó entonces un proceso de prueba y error con una gama variada de regresiones entre las variables ocupación (O_t) y nivel de producto (P_t) para el período 1950-69, con la idea de realizar luego el proceso de simulación, comparando los datos reales con los estimados, y si los resultados resultaban aceptables estimar definitivamente O_t .

Esto dependía en gran medida de los valores de los coeficientes de determinación que se obtuvieran (R^2).

Se ensayaron unas 30 regresiones entre ocupación y producto, abarcando este último, tanto sus valores presentes (P_t) como los valores rezagados de primer y segundo orden (P_{t-1} , P_{t-2}). Los ajustes se realizaron tanto en términos de valores absolutos (O, P) como en términos de valores relativos ($\Delta O_t / O_t$, $\Delta P_{t-i} / P_{t-i}$). También se ensayaron diversas ponderaciones a fin de dar más importancia a un período que a otro.

Los resultados obtenidos no fueron satisfactorios, se obtuvieron en general valores de R^2 bajos, quedando con ello eliminada una zona de prueba. Se intentó entonces otro camino y otro método, consistente en explorar las relaciones entre las tasas de crecimiento entre las variables antedichas.

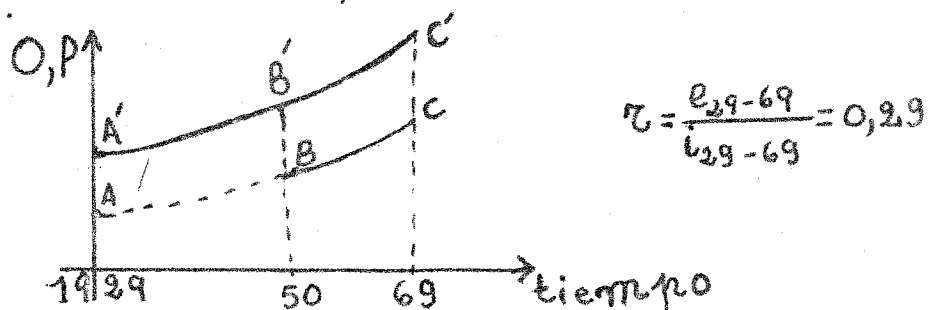


FIG. 2

Este camino puede verse con la ayuda de la figura 2. En los ejes medimos tiempo, producto y nivel de ocupación. Recordemos que el objetivo era estimar los valores de O_t entre A y B, y que los datos que se disponía de P llegaban desde A' hasta C', y los de O, desde B hasta C. Se disponía además de un sólo dato para el punto A.

Luego hallamos diversas tasas de crecimiento entre los diversos puntos para la ocupación (e) y el producto (i), y determinamos las siguientes relaciones promedio (r) entre las dos tasas de crecimiento -

($r=e/i$):

$$r_1 = e_{29-50} / i_{29-50} = 0.32 \quad r_2 = e_{50-69} / i_{50-69} = 0.25$$

$$r_3 \text{ (ponderado)} = \frac{e_{29-50} \cdot w_1 + e_{50-69} \cdot w_2}{(i_{29-50} + i_{50-69})/2} = 0.28$$

Para otros valores intermedios:

$$r_4 = e_{29-55} / i_{29-55} = 0.29$$

A esta altura de la cuestión la proximidad de los valores de r para los diversos períodos parecía como muy llamativa. Luego de otras pruebas, se tomó la relación para todo el lapso de información disponible entre A' y C' y entre A y C con la intención de obtener un r general. Resultó:

$$(14) \quad r_{29-69} = e_{29-69} / i_{29-69} = 0.29 = r$$

Y de donde en promedio es

$$(15) \quad e = 0.29 \cdot i$$

La constancia de un r a través del tiempo aparecía como bastante segura. Su lectura es fácil: es la relación de crecimiento de la ocupación por unidad de crecimiento del producto, y que se manifiesta como aproximadamente constante en un lapso de 40 años.

De (15) se vislumbró que, se podría intentar estimar la tasa de crecimiento de la ocupación en cualquier período (e_t) entre los puntos A y B conociendo las variaciones del producto.

Para ello se postuló la siguiente relación:

$$(16) \quad \frac{\Delta O_t}{O_t} = r \cdot \sum_{i=0}^2 \frac{\Delta P_{t-i}}{P_{t-i}} \cdot w_{t-i} \quad i = 0, 1, 2.$$

Donde la tasa de variación ocupación es función de la relación entre el crecimiento medio de la ocupación y el producto (e), y de un promedio móvil ponderado de las tasas anuales del crecimiento del producto con dos retrasos. Las ponderaciones w_{t-i} representan la importancia relativa que cada $\frac{\Delta P_{t-i}}{P_{t-i}}$ tiene sobre $\Delta O_t/O_t$. En este punto se supuso que las w eran distintas, y que el peso mayor era para w_{t-1} ; luego le sigue w_t y w_{t-2} . El problema que se presentó fue como calcular las w ; ya que no se disponen de los elementos suficientes para estimarlas en forma precisa. Se ensayaron entonces, varios sistemas de ponderaciones dentro de cierto rango o franja y considerados intermedios y con sentido más o menos próximo a la realidad, y tales que se cumplieran dos condiciones: que respetaran el orden de influencia de la hipótesis de trabajo y que al hacer el proceso de simulación los desvíos entre los valores observados y reales no fueran significativos, ya que ello sería una prueba de haberse aproximado a la realidad. De hecho las w que se adoptaron fueron de 0,6; 0,3 y 0,1 para $t-1$ y t y $t-2$ y $t-2$ respectivamente. Para este sistema los resultados fueron positivos como se verá luego.

Como disponemos de los datos de $\Delta P_{t-i}/P_{t-i}$ entre 1929-50 (de A' hasta B' en fig. 1), podemos calcular $\Delta O_t/O_t = a_t$ para cualquier año entre 1930-50.

El cálculo del valor absoluto de O_t es entonces inmediato:

$$(17) \quad \Delta O_t/O_t = (O_{t+1} - O_t)/O_t \quad \text{de donde}$$

$$(18) \quad 0_{t+1}/0_t - 1 = a_t \quad \text{y despejando}$$

$$(19) \quad 0_t = 0_{t+1}/(1+a_t)$$

Esto nos permite proyectar la serie de 0_t 1950-69, hacia atrás - (desde B hasta A), y comparar luego los valores reales que se disponen con los proyectados y ver si la proyección es aceptable o no. Usamos para ello la prueba de la raíz del error medio cuadrático (REMC) como porcentaje de la media de 0 , y definido como

$$(20) \quad \text{error de proyección}(ep) = \text{REMC} \cdot 100/\bar{0} = \sqrt{\frac{1}{N} (0_P - 0_R)^2} \cdot 100/\bar{0}$$

Se obtuvieron los siguientes resultados:

$$\text{para los extremos} \quad ep_{29-50} = 1,2\%.$$

$$\begin{array}{l} \text{para los valores totales} \\ \text{del lapso 1929-69} \end{array} \quad ep_{29-69} = 3,6\%.$$

Es decir que en ningún caso y en promedio, el error entre lo observado y lo real no alcanza el 5%. La proyección era buena para los fines perseguidos. La forma postulada en (16) se adoptaría como definitiva, ya que había pié para ello y el problema de carencia de los valores de 0_t quedaba así aceptablemente superado.

3.2 El problema del stock de capital ocupado:

Otro problema que se planteó, fue con respecto a la ocupación del equipo de capital, pues, no es el stock de capital disponible sino el efectivamente usado el que interesa. Se debía eliminar la capacidad ociosa de alguna manera. Al no haber registros sobre capacidad ociosa se adoptó la siguiente hipótesis: que el porcentaje de ocupación del

stock de capital era igual al porcentaje de ocupación de la mano de obra. Al menos se estima según la experiencia, que esta hipótesis se acerca bastante a la realidad. Pues parece correcto pensar que cuando la ocupación a nivel global es alta, también lo es la del capital y viceversa. Para ello construimos un índice de tasa de ocupación, definido como

$$(17) \text{ porcentaje de ocupación en } t = 98 - \left(\frac{\Delta N_{pe}}{N_{pe}} - \frac{\Delta N_t}{N_t} \right) = \% O_t$$

Donde

98% : % de ocupación de pleno empleo.

$\frac{\Delta N_{pe}}{N_{pe}}$: variación relativa máxima del nivel de ocupación (N) en todo el lapso 30-50 y correspondiente a un año de pleno empleo por hipótesis.

$\frac{\Delta N_t}{N_t}$: variación relativa del nivel de ocupación en cualquier t.

En (17) la tasa de ocupación resulta en definitiva función de las diferencias entre el mayor valor de la variación relativa de N en todo el período ($\Delta N_{pe}/N_{pe}$) y la variación relativa de N en cualquier t ($\Delta N_t/N_t$). Por supuesto al año que le corresponde el mayor valor de $\Delta N_{pe}/N_{pe}$ se le atribuyó tasa de pleno empleo. Se toma 98% como porcentaje de plena ocupación para dejar un margen del 2% para la desocupación voluntaria o friccional.

Es claro que cuando $\Delta N_{pe}/N_{pe} = \Delta N_t/N_t$ estamos en pleno empleo, ya que $\% O_t = 98\%$. En la medida en que la diferencia que está entre paréntesis en (17) se hace mayor, la tasa de ocupación disminuye, pues el sustraendo se hace mayor. Si $\Delta N_t/N_t < 0$ la tasa de ocupación también disminuye ya que el paréntesis se hace positivo, quedando

$$\% O_t = 98 - (\Delta N_{pe}/N_{pe} + \Delta N_t/N_t)$$

La ocupación aumentará cuando las diferencias entre tasas relativas disminuyan.

La forma operativa que se usó fue

$$(18) \quad \%0_t = 98 - (2,7 - \Delta N_t / N_t)$$

(18) es un índice en términos de diferencias de valores relativos referentes al nivel de ocupación N . Proyectando (18) y comparando con la información que se disponía para principios del período, se observó que el error de proyección (ep) era del 1.03%, con lo que se la utilizó para los fines requeridos de disponer de un factor corrector aplicable al stock de capital.

Con respecto a la remuneración del capital supusimos que se rigió aproximadamente por su productividad marginal.

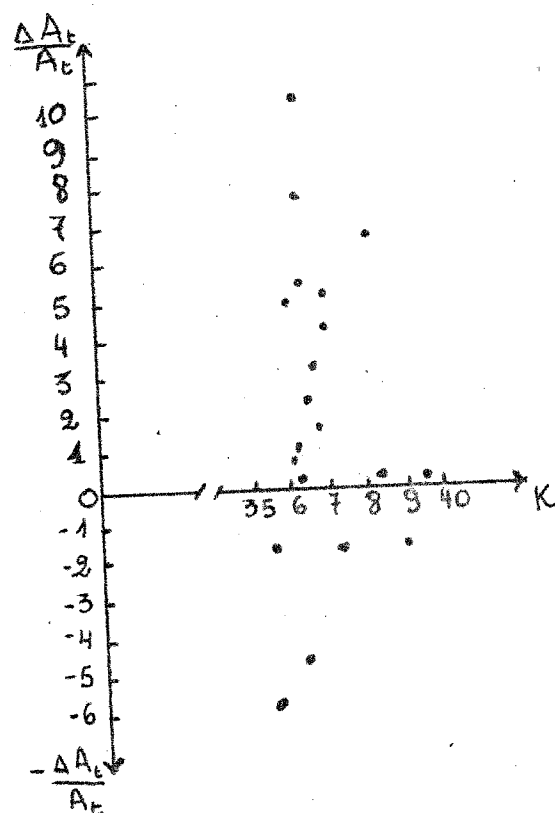
Después de todos estos pasos mencionados en el punto 3 y en verdad algunos bastante engorrosos en la práctica, estamos en condiciones de pasar en forma directa a analizar los resultados cuantitativos que se obtuvieron, y que se corresponden con las formas teóricas del punto 2.

4. Resultados empíricos diversos (cuadro 1).

4.1

La suposición hecha acerca de que (2) toma esa forma, y que depende de la independencia entre $\Delta A_t / A_t$ y k , pareciera confirmarse al hacer un primer vistazo a la fig. 3 donde no se vislumbra relación alguna entre las variables mencionadas.

Ello también parece confirmarse con los valores casi nulos obtenidos en las pruebas realizadas para verificar la independencia, y refe-



/ FIG. 3

rídos al coeficiente de asociación muestral 'r' y la significatividad de los coeficientes $F_{1,n-2}$:

$$r = 10^{-4} \times 152 \quad , \quad F_{1n-2} = 10^{-6} \times 22$$

4.2.

Entre 1930 y 1950, y redondeando guarismos, tenemos los siguientes resultados:

crecimiento del producto-hombre-ocupado (q)..... 52%

y cuya composición es:

Cuadro I

Cálculo del índice de la evolución temporal del progreso técnico: A_t

Año	Stock de Capital Mill. m\$ de 1950 -1-	Tasa de Ocupación -2-	Capital e- fectivamen- te usado -3-	Nivel de Ocupación -millones- -4-	Participación relativa del capital -5-	Producto B.I.C.F. Mill. m\$ de 1950 -6-	Producto- hombre-o- cupado -7-	Capital- hombre- ocupado -8-	$\frac{\Delta A_t}{A_t}$ en % -9-	A_t -10-	$q/A_t = q'$ -11-
1930	160,3	0,959	153,7	4,3	0,57	33,3	7,7	35,7	-	1,000	7,7
31	161,2	0,941	151,7	4,3	0,56	31,0	7,2	35,3	-5,9	0,941	7,7
32	160,0	0,935	149,6	4,2	0,55	30,0	7,1	35,6	-1,8	0,924	7,7
33	159,4	0,949	151,3	4,2	0,55	31,3	7,5	36,0	5,0	0,970	7,7
34	160,5	0,967	155,2	4,2	0,56	33,8	8,0	37,0	5,1	1,019	7,9
35	161,7	0,972	157,2	4,3	0,57	35,3	8,2	36,6	3,1	1,051	7,8
36	162,0	0,964	156,2	4,3	0,57	35,6	8,3	36,3	1,0	1,062	7,8
37	165,2	0,962	158,9	4,4	0,59	38,1	8,7	36,1	5,2	1,117	7,8
38	169,4	0,966	163,6	4,4	0,57	38,3	8,7	37,2	-1,7	1,098	7,9
39	171,5	0,953	164,3	4,5	0,58	39,7	8,8	36,5	2,2	1,122	7,8
1940	172,4	0,961	165,7	4,5	0,58	40,4	9,0	36,8	1,8	1,142	7,9
41	172,9	0,962	166,3	4,5	0,59	42,5	9,4	37,0	4,1	1,189	7,9
42	173,1	0,964	166,9	4,6	0,61	43,0	9,3	36,3	0,1	1,190	7,8
43	173,0	0,956	165,4	4,6	0,60	42,6	9,3	36,0	0,5	1,196	7,8
44	174,2	0,962	167,6	4,6	0,59	47,5	10,3	36,4	10,2	1,318	7,8
45	175,4	0,970	170,1	4,7	0,58	46,0	9,8	36,2	-4,6	1,257	7,8
46	178,4	0,958	170,9	4,7	0,58	50,0	10,6	36,4	7,9	1,356	7,8
47	187,3	0,977	183,0	4,8	0,56	55,6	11,6	38,1	6,8	1,448	8,0
48	196,3	0,980	192,4	5,0	0,52	58,7	11,7	38,5	0,4	1,454	8,0
49	202,3	0,965	195,2	5,0	0,57	57,9	11,6	39,0	-1,6	1,431	8,1
1950	208,1	0,953	198,3	5,0	0,46	58,6	11,7	39,7	0,1	1,432	8,2

Columnas:

$$3 = 1 \times 2$$

$$7 = 6 \div 4$$

$$8 = 3 \div 4$$

$$9 = \Delta 7 \div 7 - 5 \times \Delta 8 \div 8$$

$$10_{t+1} = 10_t (1+9_t)$$

$$11 = 7 \div 10$$

Fuentes: B.C.R.A.: "Cuentas Nacionales de la R.A."

Vol. III 1976.

De Pablo: "Un esquema de política económica para la Argentina" Machi - 1976.

Díaz Alejandro, C.F.: "Ensayos sobre historia económica argentina" Amorrortu 1970.
Ferrer, A.: "La Economía Argentina". F.C.E. 1975 Est. prop. s/texto.

corresponde al efecto tecnológico (A_t)..... 45%

corresponde al efecto de acumulación de
factores (k)..... 7%

En otros términos los resultados de arriba significan que, del total del aumento del producto-hombre-ocupado, le corresponde al efecto tecnológico el 87%, y sólo el 13% al efecto de la acumulación de factores (k).

4.3

En términos de tasas de crecimiento anuales, tenemos las siguientes relaciones:

Tasa de crecimiento del producto-hombre-ocupado : 2,1% anual

" " " índice progreso técnico : 1,8% "

" " " efecto de la acumulación
de factores : 0,3% "

El desarrollo temporal del efecto tecnológico podemos observarlo en la figura 4. Como es de sentido común, esperábase que los efectos del conocimiento tecnológico sobre el producto fueran crecientes en el transcurso del tiempo, cosa que aparece en el mencionado gráfico. Las anteriores relaciones muestran el gran peso relativo del efecto tecnológico.

Lo antedicho en 4.2 y 4.3, pareciera confirmar de hecho la hipótesis objetivo de este trabajo, de que el progreso técnico ha jugado un rol central en el crecimiento global durante el lapso 1930-50.

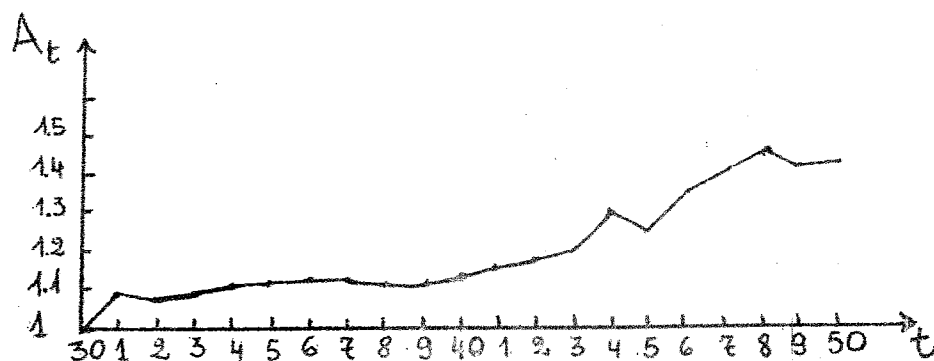


FIG. 4

4.4 Los rendimientos decrecientes

Para la relación referente a la acumulación de factores (k) y el producto emergente de su efecto (q'), tenemos que entre 1930-50 acaeció que:

crecimiento del capital-hombre-ocupado	11%
" " producto derivado de k	7%

De ello emerge la idea de los rendimientos decrecientes. Esto concuerda con los estudios del período y referentes al tema, en el sentido de que tanto la productividad del capital existente como la de las industrias de bienes de capital se desarrollaron en condiciones muy deficientes.

5. Una cuestión lateral derivada del análisis: la probable función de producción

Analizaremos ahora cual sería la probable función de producción.

Conocido el valor de A_t podemos obtener un valor para el producto (q') depurado del factor tecnológico y quedando en consecuencia el valor q' sólo en función de la relación c-h-o (k). De (2) tenemos que

$$(19) \quad q' = q/A_t = f(k)$$

donde q/A_t es el valor depurado del factor tecnológico a que habíamos aludido. Lo que cabe buscar ahora es cual sería la probable función de producción en forma explícita en la variable k , ya que se dispone de los datos de ambos lados de la relación (19). Ello se puede hacer por tanteo usando los métodos econométricos conocidos, y probando ajustar tantas expresiones formales como se desee, y de las cuales se tomará como función de producción aproximada, la que cumpla mejor todas las pruebas estadísticas que definen el mejor ajuste entre los pares de valores q' y k , y cuya disposición gráfica se observa en la figura 5.

Con respecto a la bibliografía de la temática econométrica, recomendamos según lo que se desee y en forma alternativa, la obra de Pindyck R. y Rubinfeld D. que tiene una presentación rigurosa, pero clara; o la de Merrill y Fox que posee una presentación muy didáctica y de alta sencillez interpretativa.

En nuestro caso, como el objeto central de este escrito no es el buscar la forma de $f(k)$, hemos probado sólo cinco curvas posibles con buenos resultados en la mayoría de ellas.

Las formas teóricas ensayadas para $f(k)$ y sus resultados se ven en los apartados siguientes. Los valores entre paréntesis corresponden a la prueba 't' de Student, el valor de F corresponde a la prueba F de Snedecor, DW es la prueba de Durbin-Watson correspondiente a autocorrelación, R^2 el valor del coeficiente de determinación, y ETE el error

tipo de la ecuación.

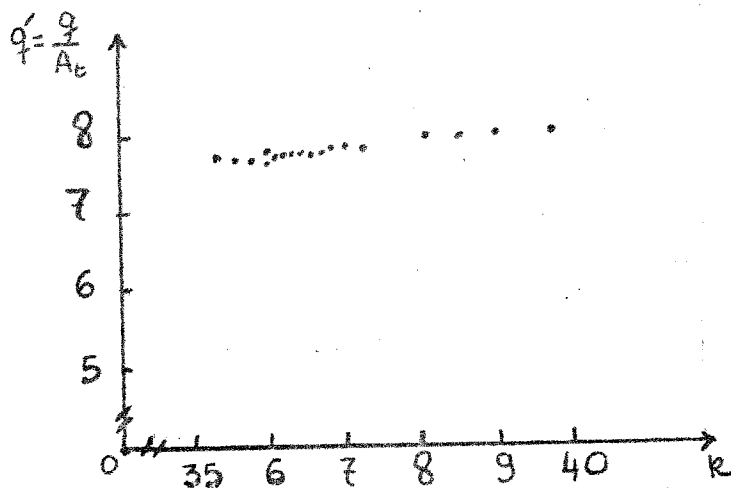


FIG. 5

5.1 Forma lineal

$$\begin{aligned} q' &= a + b k \\ &= 2,7953 + 0,1376 k \\ &\quad (47,01) \quad (16,61) \end{aligned}$$

$$R^2 = 0,9356 \quad ETE = 0,0018 \quad F = 276,01 \quad DW = 1,6811$$

5.2 Forma logarítmica

$$\begin{aligned} \log q' &= a + b \log k \\ &= -0,2772 + 0,6488 \log k \\ &\quad (-1,96) \quad (16,52) \end{aligned}$$

$$R^2 = 0,9349 \quad ETE = 0,0054 \quad F = 272,85 \quad DW = 1,5830$$

5.3 Forma inversa

$$\begin{aligned} q' &= a + b/k \\ &= 13,0979 - 192,5896/k \\ &\quad (41,84) \quad (-16,75) \end{aligned}$$

$$R^2 = 0,9366 \quad ETE = 0,0421 \quad F = 280,46 \quad DW = 1,5418$$

5.4 Forma cuadrática

$$\begin{aligned} q' &= a k^2 + b k + c \\ &= -0,0041 k^2 + 0,4473 k - 2,9960 \\ &\quad (-0,59) \quad (0,85) \quad (-0,31) \end{aligned}$$

$$R^2 = 0,9368 \quad ETE = 0,0432 \quad F = 133,45 \quad DW = 1,5375$$

5.5 Forma cúbica

$$\begin{aligned} q' &= a k^3 + b k^2 + c k + d \\ &= -0,0111 k^3 + 1,2450 k^2 - 46,2376 k + 578,1539 \\ &\quad (-2,23) \quad (2,23) \quad (-2,21) \quad (2,22) \end{aligned}$$

$$R^2 = 0,9512 \quad ETE = 0,0391 \quad F = 110,37 \quad DW = 1,7215$$

5.6 Comentarios

La mejor forma que ajusta pareciera que es la cúbica en 5.5 con el mayor R^2 y en donde todas las pruebas dan significativas. Luego serían la inversa de 5.3, la lineal de 5.1 y la logarítmica completa de 5.2.

La forma cuadrática de 5.4 no alcanza valores de 't' significativos. Notemos que 5.2, 5.3 y 5.5 cumplen condiciones de "comportamiento clásico" (well-behaved). En dos de ellas las derivadas primera y segunda son positivas y negativas para todo valor de k, o sea que $f'(k) > 0$ y $f''(k) < 0$, en tanto que para la forma cúbica se cumplen dentro de un cierto intervalo $c < k < d$.

Esto antedicho contribuye también a afirmar la idea de la existencia de los rendimientos decrecientes.

6. Conclusiones

6.1

En el lapso 1930-50 el producto por hombre ocupado creció en un 52% y el cual se descompone en: un 45% correspondiente al efecto del progreso tecnológico y un 7% correspondiente al efecto de la acumulación de factores, es decir, que del total del crecimiento del período del p-h-o, el 87% le corresponde al efecto del progreso técnico A_t y el 13% a la acumulación de factores.

Esto confirmaría el rol central que tuvo el progreso técnico en el crecimiento global durante 1930-50.

6.2

En términos de tasas de crecimiento promedio anual se obtuvo que: el producto-hombre-ocupado creció al 2,1%, el índice del progreso técnico al 1,8% y el efecto de la acumulación de factores lo hizo al 0,3%. Significa que, comparando la tasa de crecimiento del efecto del progreso técnico y de la acumulación de factores, que el primero posee una relación favorable.

6.3

Considerando el crecimiento del producto una vez depurado de la incidencia del progreso técnico, queda el correspondiente al efecto del crecimiento de la acumulación de factores y que le correspondió un aumento del 7%, medido obviamente en términos de producto. Si paralelamente tenemos en cuenta que la acumulación de factores se incrementó en un 11%, nos emerge la idea de la existencia de los rendimientos decrecientes a nivel global, cosa que parece también ser confirmada por los resultados econométricos, ya que tres de los ajustes referidos a la función de producción dan productividades marginales positivas pero

decrecientes.

6.4

Entre los ajustes para determinar la probable función de producción, se perfilaron como buenos y en el orden que sigue, las formas cúbica ($q' = a k^3 + b k^2 + b k + c$), la inversa ($q' = a + b/k$), la lineal ($q' = a + b k$) y la logarítmica ($\log q' = a + b \log k$). Todos poseen buenos coeficientes de determinación (R^2) y los resultados de las pruebas estadísticas son también significativos.

6.5

Como conclusión integral-final de los resultados obtenidos, surge una pregunta que tal vez debieran formularse los decisores en materia de asignación de recursos en el momento de su distribución y en términos de rendimientos: ¿Es correcta o no lo es, la relación entre los recursos destinados a la inversión física de capital y los destinados a fomentar la investigación y el conocimiento tecnológico?

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS SIGNIFICATIVAS

ALLEN, R.G.: "Análisis Matemático para Economistas". Aguilar 1959.

DE PABLO, J.C.: "Un Esquema de Política Económica para la Argentina".
Machi 1976.

DIAZ ALEJANDRO, C.F.: "Ensayos sobre la Historia Económica Argentina".
Ammorrortu 1973.

FERRER, A.: "La Economía Argentina". Fondo de Cultura Económica 1975.

MALLON, R. y SOURROUILLE, J.: "La Política Económica en una Sociedad
conflictiva. El caso Argentino". Amorrortu 1973.

MEADE, J.E.: "A Neoclassical Theory of Economic Growth". Allen and -
Unwin 1961.

MERRILL, W. y FOX, K.: "Introducción a la Estadística Económica". Amo-
rrortu 1972.

PINDYCK, R. y RUBINFELD, D.L.: "Modelos Econométricos". Labor 1980.

SOLOW, R.: "Technical Change and the Aggregate Production Function".
Review of Economic and Statistics, Vol. III, Agosto 1957.

SOLOW, R.: "Technical Progress, Capital Formation and Economic Growth".
A.E. Review, Mayo 1952.

TREBER, S.: "La Economía Argentina". Machi 1977.